

DN 11-06-04-112

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 1 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 3 4 0 0 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 4 0 0 0]

出 願 人 大 日 本 印 刷 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

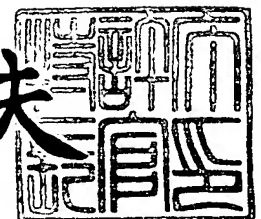
BEST AVAILABLE COPY

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 2 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NDN02X17

【提出日】 平成15年 2月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03H 1/08

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号
 大日本印刷株式会社内

 【氏名】 北村 満

【特許出願人】

 【識別番号】 000002897

 【氏名又は名称】 大日本印刷株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097777

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 荏澤 弘

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088041

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092495

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092509

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004649

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 計算機合成ホログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側と反対側に空間的に仮想点光源群が設定され、前記仮想点光源群の各々の仮想点光源から観察側へ発散する発散光の放射輝度角度分布 $T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ が、観察側から当該仮想点光源見たときの記録すべき物体表面の輝度角度分布と等しいものに設定されており、かつ、前記仮想点光源各々から発散する発散光の初期位相が前記仮想点光源間で相互に無関係に一定に設定されてなる発散光が相互に重畳して、物体光として前記仮想点光源群の発散光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 2】 前記仮想点光源群の仮想点光源各々が 1 次元的な点光源であって 2 次元的な直線状光源からなることを特徴とする請求項 1 記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 3】 物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側と反対側の空間的な仮想点群の各々の点からその観察側に発散するような回折光であって、各仮想点からホログラムの観察側に発散するように進む光の輝度角度分布が、記録された物体表面から前記仮想点群の各々の点を通してその観察側に発散する光の輝度角度分布と等しい回折光を再生することを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 4】 前記仮想点群の仮想点各々が 1 次元的な点であって 2 次元的な直線からなることを特徴とする請求項 3 記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 5】 物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側に空間的に仮想集光点群が設定され、前記仮想集光点群の各々の仮想集光点に観察側と反対側から入射する収束光の振幅角度分布 $T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ が、当該仮想集光点を通して観察側から見たときの記録すべき物体

表面の輝度角度分布と等しいものに設定されており、かつ、前記仮想集光点各々に入射する収束光の集光点での位相が前記仮想集光点間で相互に無関係に一定に設定されてなる収束光が相互に重畳して、物体光として前記仮想集光点群の収束光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 6】 前記仮想集光点群の仮想集光点各々が 1 次元的な集光点であって 2 次元的な直線状集光線からなることを特徴とする請求項 5 記載の計算機合成ホログラム。

【請求項 7】 物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側の空間的な仮想点群の各々の点を通してその観察側で発散するような回折光であって、各仮想点から発散する光の輝度角度分布が、記録された物体表面から前記仮想点群の各々の点を通してその観察側に発散する光の輝度角度分布と等しい回折光を再生することの特徴とする計算機合成ホログラム。

【請求項 8】 前記仮想点群の仮想点各々が 1 次元的な点であって 2 次元的な直線からなることを特徴とする請求項 7 記載の計算機合成ホログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、計算機合成ホログラムに関し、特に、作成が比較的簡単で解像度が高く高品質の 3 次元像再生用の計算機合成ホログラムに関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

3 次元画像を平面に記録したいという欲求が古くからあり、その 1 つとしてホログラフィーが開発された。ホログラフィーは、干渉性の高いレーザー光源を用いて物体の立体像を撮影する技術である。ホログラフィーを用いて作成した立体像表示媒体はホログラムと呼ばれる。ホログラムは、レーザー光を被写体に照射し、感光性材料に記録するという手順により作成されるため、対象となる物体が

実在しなければ作成できないという制約があった。また、撮影中は光の波長レベルで静止していることが求められるため、柔らかい物体や人物等、動きやすい物体の撮影は困難であった。一方、スチルカメラやビデオカメラ、コンピュータグラフィックス（CG）等により得られた多数の2次元画像を基に立体視を可能としたのがステレオグラムである。ステレオグラムとは、観察方向により異なった画像を観察者に観察させることができる媒体である。もし、その画像がある物体を複数の方向から観察した視差画像であれば、観察方向に応じた物体の画像を見ることになるため、立体感を得ることができる。

【0003】

現在広く用いられているのは、印刷媒体上にレンチキュラレンズや蝇の目レンズ等のレンズアレイを配置したステレオグラムであるが、ホログラフィーを用いてもステレオグラムを作成することができ、これをホログラフィックステレオグラムと呼ぶ。これまでに開発されたホログラフィックステレオグラムには大きく2種類あり、その撮影工程の回数から、2stepホログラフィックステレオグラム及び1stepホログラフィックステレオグラムと呼ばれているものである。

【0004】

2stepホログラフィックステレオグラムは、その名が示す通り2回の撮影工程により作成される。詳細な作成方法は特許文献1に記載されている。簡単に説明すると、（1）被写体となる物体から離れた多数の位置から見た物体の2次元画像を準備する、（2）第1の感光材料を多数の領域に分け、それぞれの領域に（1）にて準備した画像の中、その領域に対応した画像をホログラフィックに記録することで第1のホログラムを作成する、（3）第1のホログラムに再生照明光を照射し、再生された像を第2の感光材料に記録することで、第2のホログラムを作成する、の3つの工程からなる。一方、1stepホログラフィックステレオグラムは、その名が示す通り1回の撮影工程により作成される。詳細な作製方法は特許文献2及び特許文献3に記載されている。簡単に説明すると、（1）感光材料上の多数の位置から放射されるべき光線を求める、（2）感光材料を多数の領域に分け、それぞれの領域に（1）にて求めたその領域から再生される

べき光線を記録する、の 2 つの工程からなる。

【0 0 0 5】

2 s t e p ホログラフィックステレオグラムでも 1 s t e p ホログラフィックステレオグラムでも立体視が可能であり、汎用的な立体像再生媒体として利用されている。

【0 0 0 6】

また、立体像を再生可能なホログラムとして、本発明者等が提案した 3 次元像再生用計算機合成ホログラム (C G H) も知られている (特許文献 4、特許文献 5、特許文献 6、特許文献 7)。この C G H は、物体表面を点光源又は線光源の集合で置き換えてホログラム面での位相と振幅を計算して記録したものである。

【0 0 0 7】

なお、このような物体表面を点光源又は線光源の集合で置き換える方法による G G H において、白色光で再生した場合にカラーを再現するものも、特許文献 8 で提案されている。

【0 0 0 8】

【特許文献 1】

特開昭 5 2 - 4 8 5 5 号公報

【0 0 0 9】

【特許文献 2】

特許第 2, 8 8 4, 6 4 6 号公報

【0 0 1 0】

【特許文献 3】

特開平 6 - 2 6 6 2 7 4 号公報

【0 0 1 1】

【特許文献 4】

特開平 9 - 3 1 9 2 9 0 号公報

【0 0 1 2】

【特許文献 5】

特開平 1 1 - 2 0 2 7 4 1 号公報

【0 0 1 3】

【特許文献 6】

特開 2 0 0 1 - 1 3 8 5 8 号公報

【0 0 1 4】

【特許文献 7】

特開 2 0 0 1 - 1 3 8 5 9 号公報

【0 0 1 5】

【特許文献 8】

特開 2 0 0 0 - 2 1 4 7 5 1 号公報

【0 0 1 6】

【特許文献 9】

特開 2 0 0 2 - 7 2 8 3 7 号公報

【0 0 1 7】

【非特許文献 1】

辻内順平著「物理学選書 2 2 . ホログラフィー」 p p . 3 3 ~ 3 6 ((株) 裳華房発行 (1 9 9 7 年 1 1 月 5 日))

【0 0 1 8】

【発明が解決しようとする課題】

上記の従来の立体像再生手法にはそれぞれ長所と短所がある。レンチキュラレンズや蠅の目レンズ等のレンズアレイを伴った印刷物は、レーザ光によるホログラフィック撮影が不要であるという長所を持つが、レンズアレイという物理的な画素構造を必要とするため、解像度が低く、製品が厚くなるという短所がある。

【0 0 1 9】

また、2 s t e p ホログラフィックステレオグラムは、ホログラム面で画素構造を持たず解像度が高いが、ホログラフィック撮影の回数が多く、また、像が歪むという問題がある。

【0 0 2 0】

1 s t e p ホログラフィックステレオグラムは、像の歪みがなく、視差数を多くできるが、ホログラム面の画素構造が目立ち、ホログラフィック撮影の回数も

多く、特殊な画像処理を必要とするという問題がある。

【0021】

本発明者等の提案した3次元再生CGHは、非常に解像度が高く、視差数も多く、像の歪みの問題もなく、ホログラフィック撮影が不要であるという長所があるが、特殊な画像処理（隠面消去処理、輝度補正）が必要であるという短所がある。

【0022】

本発明は上記した従来技術の各方式の短所を解決するためになされたものであり、その目的は、非常に解像度が高く、視差数も多く、像の歪みの問題もなく、ホログラフィック撮影が不要であり、画像処理も簡単な3次元像再生用の計算機合成ホログラムを提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第1の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側と反対側に空間的に仮想点光源群が設定され、前記仮想点光源群の各々の仮想点光源から観察側へ発散する発散光の放射輝度角度分布 $T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ が、観察側から当該仮想点光源見たときの記録すべき物体表面の輝度角度分布と等しいものに設定されており、かつ、前記仮想点光源各々から発散する発散光の初期位相が前記仮想点光源間で相互に無関係に一定に設定されてなる発散光が相互に重畳して、物体光として前記仮想点光源群の発散光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とするものである。

【0024】

この場合、仮想点光源群の仮想点光源各々が1次元的な点光源であって2次元的な直線状光源からなってもよい。

【0025】

本発明の第2の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側と反対側の空間的な

仮想点群の各々の点からその観察側に発散するような回折光であって、各仮想点からホログラムの観察側に発散するように進む光の輝度角度分布が、記録された物体表面から前記仮想点群の各々の点を通してその観察側に発散する光の輝度角度分布と等しい回折光を再生することを特徴とするものである。

【0026】

この場合、仮想点群の仮想点各々が1次元的な点であって2次元的な直線からなっているいてもよい。

【0027】

本発明の第3の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

ホログラムの観察側に空間的に仮想集光点群が設定され、前記仮想集光点群の各々の仮想集光点に観察側と反対側から入射する収束光の振幅角度分布 T_{WLci} (θ_{xz} , θ_{yz}) が、当該仮想集光点を通して観察側から見たときの記録すべき物体表面の輝度角度分布と等しいものに設定されており、かつ、前記仮想集光点各々に入射する収束光の集光点での位相が前記仮想集光点間で相互に無関係に一定に設定されてなる収束光が相互に重畳して、物体光として前記仮想集光点群の収束光入射側の何れかの位置で記録されてなることを特徴とするものである。

【0028】

この場合、仮想集光点群の仮想集光点各々が1次元的な集光点であって2次元的な直線状集光線からなっているいてもよい。

【0029】

本発明の第4の計算機合成ホログラムは、物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラムにおいて、

所定の再生照明光を入射させたとき、ホログラムの観察側の空間的な仮想点群の各々の点を通してその観察側で発散するような回折光であって、各仮想点から発散する光の輝度角度分布が、記録された物体表面から前記仮想点群の各々の点を通してその観察側に発散する光の輝度角度分布と等しい回折光を再生することを特徴とするものである。

【0030】

この場合、仮想点群の仮想点各々が1次元的な点であって2次元的な直線からなっているもよい。

【0031】

本発明においては、ホログラムから回折される再生光の集光点の位置を再生される物体及びホログラム面から分離するようにしたので、ホログラム面で画素構造を持たず視差数も多くでき、解像度が飛躍的に高まり、像の歪みの問題もなく、高品質の再生像が得られる計算機合成ホログラムが可能になる。また、ホログラフィック撮影が不要で、画像処理も簡単で、市販のソフトで得られる3次元物体のコンピュータグラフィクス画像を記録する立体像として利用して作成可能な計算機合成ホログラムが提供できる。

【0032】

【発明の実施の形態】

本発明の計算機合成ホログラムの基本原理は、ホログラム面での画素構造をなくすため、ホログラム面から離れた位置に、放射方向に応じて異なった放射輝度であって物体表面のその方向の輝度に等しい放射輝度を持った仮想点光源あるいは集光方向に応じて異なった放射輝度であって物体表面のその方向の輝度に等しい放射輝度を持った仮想集光点を多数定義し、それらの仮想点光源から放射する光あるいはそれらの仮想集光点に集光する光を仮想的な物体光として計算機合成ホログラムを作成することで、高解像度でかつホログラム撮影の不要な計算機合成ホログラム（CGH）を作成するものである。

【0033】

以下、本発明の計算機合成ホログラムの原理を説明する。

【0034】

図1に原理説明図に示すように、 z 軸に沿ってプラス方向に仮想点光源群11、物体10、CGH12、観察者Mの順に配置し、CGH12の中心を座標原点とし、 x 軸、 y 軸を相互に直交し、 z 軸に直交する方向に定める。仮想点光源群11の座標を (x_1, y_1, z_1) 、物体10の座標を (x_0, y_0, z_0) 、CGH12の座標を (x_2, y_2, z_2) とし、 i 番目の仮想点光源 Q_i (x_1, y_1, z_1)と、CGH12の j 番目のセル P_j (x_2, y_2, z_2)を結ぶ

直線 $Q_i P_j$ と物体 10 の交点の中、観測者 M から観察可能な点 $S(x_0, y_0, z_0)$ での θ_{xz} 、 θ_{yz} 方向の物体 10 の放射輝度を $T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ とする。ここで、 θ_{xz} は直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度、 θ_{yz} は直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度である。

【0035】

波長を λ_c とし、仮想点光源 Q_i の波長 λ_c の振幅を A_{WLci} 、初期位相を ϕ_{WLci} 、 r_{ij} を Q_i と P_j の距離とすると、 $P_j(x_2, y_2, z_2)$ での物体波 1 の複素振幅値 $O_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ は、

$$O_{WLC}(x_2, y_2, z_2) = \sum_{i=1}^M \{ A_{WLci} T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz}) / |r_{ij}| \times \exp[j \{ (2\pi / \lambda_c) r_{ij} + \phi_{WLci} \}] \} \dots (1)$$

) となる。

【0036】

ここで、CGH12 に入射する平行光からなる参照光 2 の入射ベクトルを (R_x, R_y, R_z) 、その波長 λ_c の振幅を R_{WLC0} 、その座標原点での位相を ϕ_{RWLC} とすると、参照光 2 の複素振幅値 $R_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ は、

$$R_{WLC}(x_2, y_2, z_2) = R_{WLC0} \cdot \exp[j \{ (2\pi / \lambda_c) \times (R_x x_2 + R_y y_2 + R_z z_2) / (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2} + \phi_{RWLC} \}] \dots (2)$$

) となる。

【0037】

$P_j(x_2, y_2, z_2)$ での物体波 1 と参照光 2 とによる干渉縞の強度値 $I_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ は、

$$I_{WLC}(x_2, y_2, z_2) = |O_{WLC}(x_2, y_2, z_2) + R_{WLC}(x_2, y_2, z_2)|^2 \dots ($$

3) となる。

【0038】

以上において、 Q_i と P_j の距離 r_{ij} は、

$$r_{ij} = \{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \}^{1/2} \quad \dots (4)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{xz} は、

$$\theta_{xz} = \tan^{-1} \{ (x_2 - x_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (5)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{yz} は、

$$\theta_{yz} = \tan^{-1} \{ (y_2 - y_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (6)$$

) であり、また、仮想点光源 Q_i の初期位相 ϕ_{wLci} は仮想点光源 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定される。

【0039】

以上の説明から明らかなように、CGH12として記録再生可能にする3次元物体10の観察側と反対側に多数の仮想点光源 Q_i (x_1, y_1, z_1) を設定し、各仮想点光源 Q_i から発散する発散光の放射輝度角度分布 $T_{wLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、観察側からその3次元物体10を通してその仮想点光源 Q_i を見たときのその3次元物体10表面の放射輝度角度分布と等しいものに設定し、かつ、仮想点光源 Q_i の初期位相 ϕ_{wLci} は仮想点光源 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定して、このような仮想点光源 Q_i からの発散光をCGH12の面で相互に重畳させて、その重畳された位相と振幅をホログラフィックに記録(参照光2との干渉記録)することにより、3次元物体10を再生可能な本発明のCGH12が得られる。

【0040】

なお、図1の配置において、CGH12の位置は必ずしも物体10の観察側である必要はなく、仮想点光源群11の観察側であれば何れの位置でもよい。また、物体10の位置は必ずしも仮想点光源群11の観察側である必要もない。

【0041】

このようにして記録したCGH12に、図2に示すように、参照光2と同じ波長 λ_c の再生照明光15を参照光2と同じ入射角で入射させると、CGH12か

ら回折される回折光 16 によって物体 (3 次元物体) 10 が虚像 (CGH 12 の物体 10 に対する位置によっては実像の場合もある。) として再生され、観察者 M はその 3 次元物体 10 を観察することができる。観察者は視点を移動させることにより立体感豊かにその物体 10 を観察できる。なお、回折光 16 は仮想点光源群 11 から出るように進むが、各仮想点光源から出る光は方向によって輝度が異なっているので、仮想点光源群 11 は直接的には認識され難い。

【0042】

次に、このような CGH 12 をバイナリホログラムとして作成する方法を図 3 に基づいて説明する。ステップ ST1 で、CGH 化する物体 10 の形状が定義される。次いで、ステップ ST2 で、仮想点光源群 11、物体 10、CGH 12、参照光 2 の空間配置と、仮想点光源群 11 のサンプリング点 (Q_i) と CGH 12 のサンプリング点 (P_j) が定義される。次いで、ステップ ST3 で、各仮想点光源毎に放射輝度角度分布 $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を物体 10 表面の放射輝度角度分布と等しいものとして求める。そして、ステップ ST4 で、式 (1) と (2) により、CGH 12 の面での物体光の複素振幅値 $O_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ と、参照光 2 の複素振幅値 $R_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ を計算する。その後、ステップ ST5 で、式 (3) により、CGH 12 の面上に定義された各サンプル点において、物体光と参照光との干渉縞の強度が求められ、干渉縞データが得られる。次に、ステップ ST6 で、得られた干渉縞データは量子化された後、ステップ ST7 で、EB 描画用矩形データに変換され、ステップ ST8 で、EB 描画装置により媒体に記録され、CGH 12 が得られる。

【0043】

なお、図 1 の場合は、全ての仮想点光源 Q_i からの物体波が CGH 12 セル P_j に入射するようになっているが、y 軸に垂直な多数のスライス面で仮想点光源群 11 と CGH 12 を区切り、そのスライス面内に物体波の入射範囲を制限するようにしてもよい。

【0044】

また、図 1 では仮想点光源として 2 次元面内の点光源を用いているが、y 方向には光の広がらない線光源を用いるようにしてもよい。

【0045】

さらに、図1の場合は、物体光の複素振幅値 $O_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ をホログラムとして固定するのに、参照光との干渉による方式を用いているが、物体波の複素振幅を直接再生する Lohmann の方法や Lee の方法（非特許文献1）によってもよく、また、本発明者が特許文献9で提案した方法によってもよい。

【0046】

図4に、本発明の計算機合成ホログラムの別の形態の説明図を示す。この形態は、図1の仮想点光源群11とCGH12とを入れ換えて、仮想点光源群11を仮想集光点群13で置き換えたものである。図4に示すように、 z 軸に沿ってプラス方向にCGH12、物体10、仮想集光点群13、観察者Mの順に配置し、CGH12の中心を座標原点とし、 x 軸、 y 軸を相互に直交し、 z 軸に直交する方向に定める。仮想集光点群13の座標を (x_1, y_1, z_1) 、物体10の座標を (x_0, y_0, z_0) 、CGH12の座標を (x_2, y_2, z_2) とし、 i 番目の仮想集光点 $Q_i(x_1, y_1, z_1)$ （仮想点光源と同じ記号を用いる。）と、CGH12の j 番目のセル $P_j(x_2, y_2, z_2)$ を結ぶ直線 $Q_i P_j$ と物体の交点の中、観察者Mから観察可能な点 $S(x_0, y_0, z_0)$ での θ_{xz} 、 θ_{yz} 方向の物体10の放射輝度を $T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ とする。ここで、 θ_{xz} は直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度、 θ_{yz} は直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度である。

【0047】

波長を λ_c とし、仮想集光点 Q_i での波長 λ_c の位相を ϕ_{WLci} 、 r_{ij} を Q_i と P_j の距離とすると、 $P_j(x_2, y_2, z_2)$ に入射する物体波の複素振幅値 $O_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ は、前記式(1)の代わりに、

$$O_{WLc}(x_2, y_2, z_2) = \sum_{i=1}^M \{ T_{WLci}(\theta_{xz}, \theta_{yz}) / |r_{ij}| \times \exp [j \{ - (2\pi / \lambda_c) |r_{ij}| + \phi_{WLci} \}] \dots ($$

1') となる。

【0048】

ここで、CGH12に入射する平行光からなる参照光2の入射ベクトルを (R_x, R_y, R_z) 、その波長 λ_c の振幅を R_{WLc0} 、その座標原点での位相を ϕ_{RWLc} とすると、参照光2の複素振幅値 $R_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ は、図1の場合と同様に、

$$R_{WLc}(x_2, y_2, z_2) = R_{WLc0} \cdot \exp \left[j \left\{ (2\pi/\lambda_c) \times (R_x x_2 + R_y y_2 + R_z z_2) / (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2} + \phi_{RWLc} \right\} \right] \quad \dots (2)$$

) となる。

【0049】

$P_j(x_2, y_2, z_2)$ での物体波と参照光2とによる干渉縞の強度値 $I_{WLc}(x_2, y_2, z_2)$ は、同様に、

$$I_{WLc}(x_2, y_2, z_2) = |O_{WLc}(x_2, y_2, z_2) + R_{WLc}(x_2, y_2, z_2)|^2 \quad \dots (3)$$

3) となる。

【0050】

以上において、 Q_i と P_j の距離 r_{ij} は、

$$r_{ij} = \{ (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \}^{1/2} \quad \dots (4)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $x-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{xz} は、

$$\theta_{xz} = \tan^{-1} \{ (x_2 - x_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (5)$$

) 直線 $Q_i P_j$ を $y-z$ 面へ投影したときの z 軸とのなす角度 θ_{yz} は、

$$\theta_{yz} = \tan^{-1} \{ (y_2 - y_1) / (z_2 - z_1) \} \quad \dots (6)$$

) であり、また、仮想集光点 Q_i での位相 ϕ_{WLci} は仮想集光点 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定される。

【0051】

以上の説明から明らかなように、CGH12として記録再生可能にする3次元物体10の観察側に多数の仮想集光点 Q_i (x_i, y_i, z_i)を設定し、各仮想集光点 Q_i に物体側から入射する収束光の振幅角度分布 $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を、観察側から仮想集光点 Q_i を通してその3次元物体10を見たときのその3次元物体10表面の放射輝度角度分布と等しいものに設定し、かつ、仮想集光点 Q_i での位相 ϕ_{WLCi} は仮想集光点 Q_i 間で相互に無関係に一定に設定して、このような仮想集光点 Q_i に入射する収束光をCGH12の面で相互に重畳させて、その重畳された位相と振幅をホログラフィックに記録(参照光2との干渉記録)することにより、3次元物体10を再生可能な本発明のCGH12が得られる。

【0052】

なお、図4の配置において、CGH12の位置は必ずしも物体10の観察側と反対側である必要はなく仮想集光点群13の観察側と反対側であれば何れの位置でもよい。また、物体10の位置は必ずしも仮想集光点群13の観察側と反対側である必要もない。

【0053】

なお、上記の仮想集光点 Q_i に物体側から入射する収束光の振幅角度分布 $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ は、図4に示したように、仮想集光点 Q_i の位置にコンピュータグラフィックス作成用のカメラを配置して生成したコンピュータグラフィックス画像と同じであり、したがって、上記式(1')の計算においては、仮想集光点 Q_i に視点を置いて市販のソフトを用いて作成した3次元物体のコンピュータグラフィックス画像(3DCG画像)を用いればよく、式(1')の計算が単純化される。

【0054】

以上のようにして記録したこの形態のCGH12に、図5に示すように、参照光2と同じ波長 λ_c の再生照明光15を参照光2と同じ入射角で入射させると、CGH12から回折される回折光16によって物体(3次元物体)10が実像(CGH12の物体10に対する位置によっては虚像の場合もある。)として再生され、観察者Mはその3次元物体10を観察することができる。観察者は視点を移動させることにより立体感豊かにその物体10を観察できる。なお、回折光1

6は仮想集光点群13を通過してそこから出るように進むが、各仮想集光点から出る光は方向によって輝度が異なっているので、仮想集光点群13は直接的には認識され難い。

【0055】

この図4、図5で説明したようなCGH12をバイナリホログラムとして作成する方法を図6に示す。図3の場合と異なるのは、ステップST2で、CGH12、物体10、仮想集光点群13、参照光2の空間配置と、CGH12のサンプリング点(P_j)と仮想集光点群13のサンプリング点(Q_i)を定義する点と、ステップST3で、各仮想集光点毎に放射輝度角度分布 $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ を物体10表面の放射輝度角度分布と等しいものとして求める点と、ステップST4で、式(1')と(2)により、CGH12の面での物体光の複素振幅値 $O_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ と、参照光2の複素振幅値 $R_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ を計算する点であり、本質的には図3の場合と同様であり、その他の説明は省く。

【0056】

また、この形態の場合も、全ての仮想集光点 Q_i に入射する物体波がCGH12セル P_j に入射するようになっているが、y軸に垂直な多数のスライス面でCGH12と仮想集光点群13を区切り、そのスライス面内に物体波の入射範囲を制限するようにしてもよい。

【0057】

また、図4では仮想集光点として2次元面内の点光源を用いているが、y方向には光の広がらない集光線を用いるようにしてもよい。

【0058】

さらに、図4の場合は、物体光の複素振幅値 $O_{WLC}(x_2, y_2, z_2)$ をホログラムとして固定するのに、参照光との干渉による方式を用いているが、物体波の複素振幅を直接再生するLohmannの方法やLeeの方法(非特許文献1)によってもよく、また、本発明者が特許文献9で提案した方法によってもよい。

【0059】

以上の本発明によるCGH12としては、記録する3次元物体10としては、コンピュータの中に定義された3次元形状(3DCG)を基に、立体画像を生成する方法について説明してきたが、本発明の応用はこれに限られない。例えば、図4の配置で $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ の分布として、コンピュータグラフィックス画像ではなく、現実の物体を各仮想集光点 Q_i にレンズを配置したカメラにより撮影した後、デジタル化した画像を $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ として用いれば、現実の物体の立体像が再生可能な計算機合成ホログラムが実現できる。

【0060】

また、仮想集光点 Q_i の位置(すなわち、カメラの位置)を変えるごとに、徐々に立体物を動かして画像を生成すると、観察位置を変えたときに立体的な像が徐々に動いて見えるアニメーションの効果を付加することもできる。これは、コンピュータグラフィックスを用いた場合にも、現実の物体を撮影した場合にも何れも可能である。

【0061】

なお、以上のような適用は、従来の1stepホログラフィックステレオグラムにおいても可能であるが、本発明による計算機合成ホログラムの場合は、CGH面と仮想点光源群又は仮想集光点群位置を分離することで、仮想点光源又は仮想集光点が高密度に配置可能となり、解像度が飛躍的に高まり、像歪みがなく、再生像の品質が向上するという効果がある。

【0062】

以上、本発明の計算機合成ホログラムをその原理に基づいて説明してきたが、本発明はこれらの形態に限定されず種々の変形が可能である。

【0063】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の計算機合成ホログラムによると、ホログラムから回折される再生光の集光点の位置を再生される物体及びホログラム面から分離するようにしたので、ホログラム面で画素構造を持たず視差数も多くでき、解像度が飛躍的に高まり、像の歪みの問題もなく、高品質の再生像が得られる計算機合成ホログラムが可能になる。また、ホログラフィック撮影が不要で

、画像処理も簡単で、市販のソフトで得られる3次元物体のコンピュータグラフィックス画像を記録する立体像として利用して作成可能な計算機合成ホログラムが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の計算機合成ホログラムの原理を説明するための図である。

【図2】

図1による計算機合成ホログラムから立体像が再生される様子を説明するための図である。

【図3】

図1による計算機合成ホログラムの作成方法を説明するための図である。

【図4】

本発明の別の形態の計算機合成ホログラムを説明するための図である。

【図5】

図4による計算機合成ホログラムから立体像が再生される様子を説明するための図である。

【図6】

図4による計算機合成ホログラムの作成方法を説明するための図である。

【符号の説明】

M…観察者

1…物体波

2…参照光

10…物体

11…仮想点光源群

12…CGH12

13…仮想集光点群

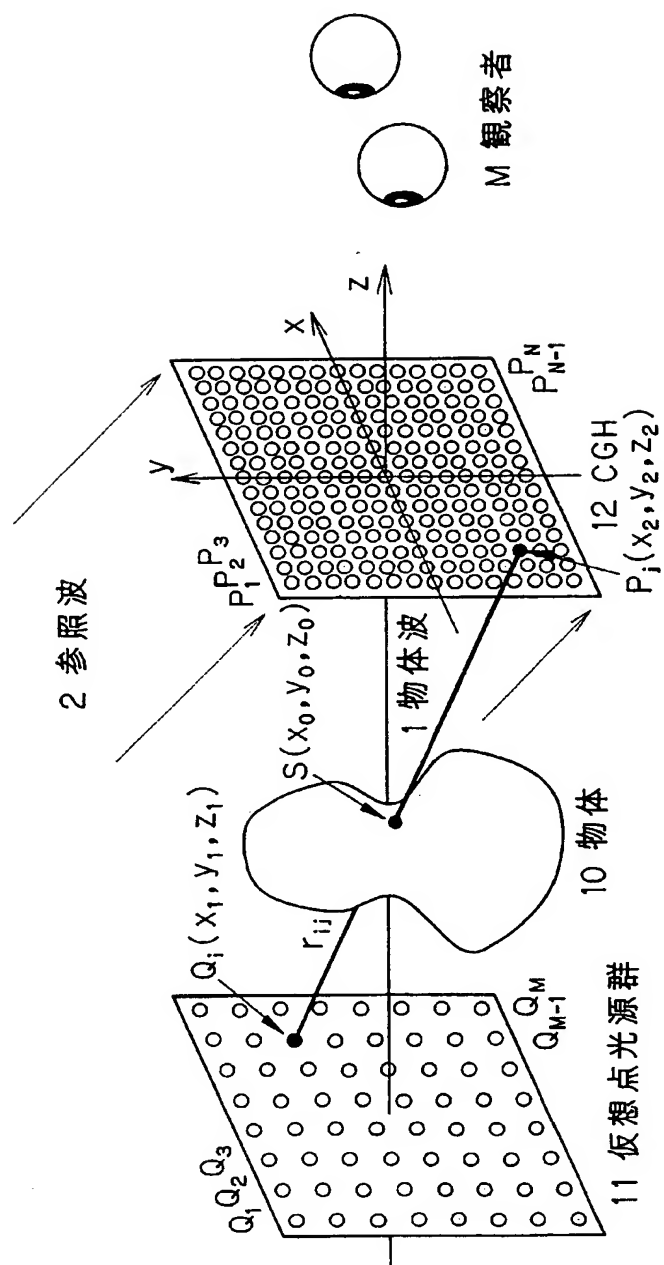
15…再生照明光

16…回折光

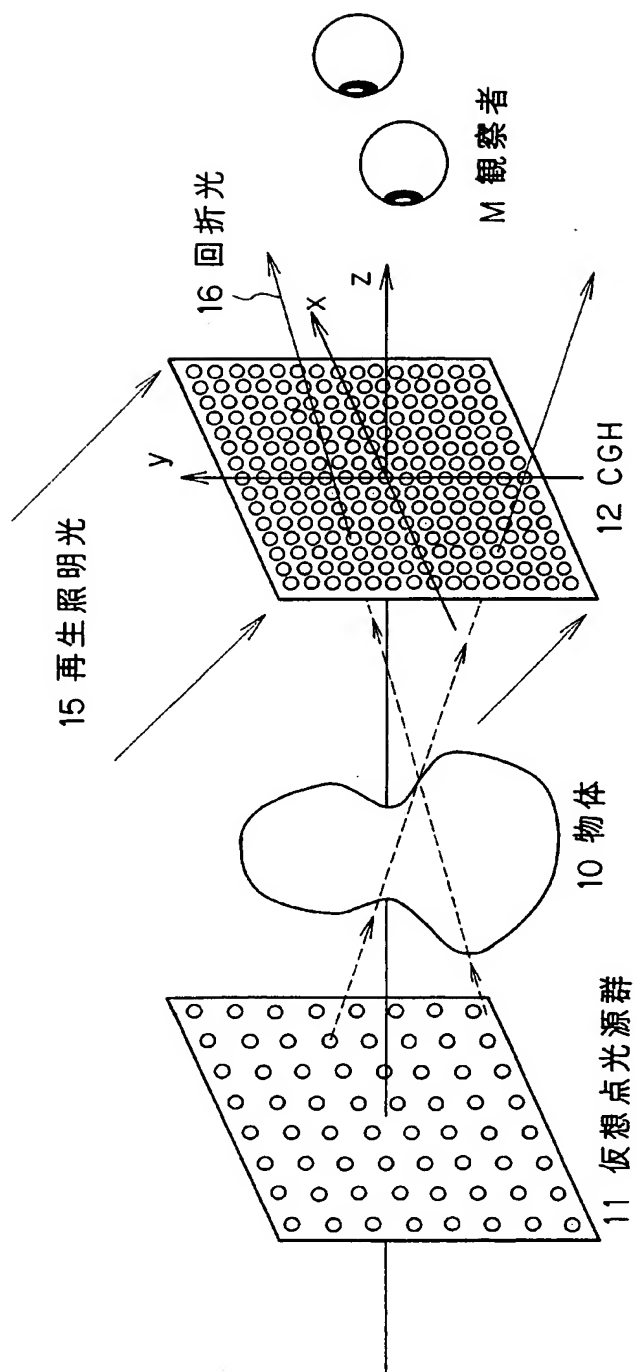
【書類名】

図面

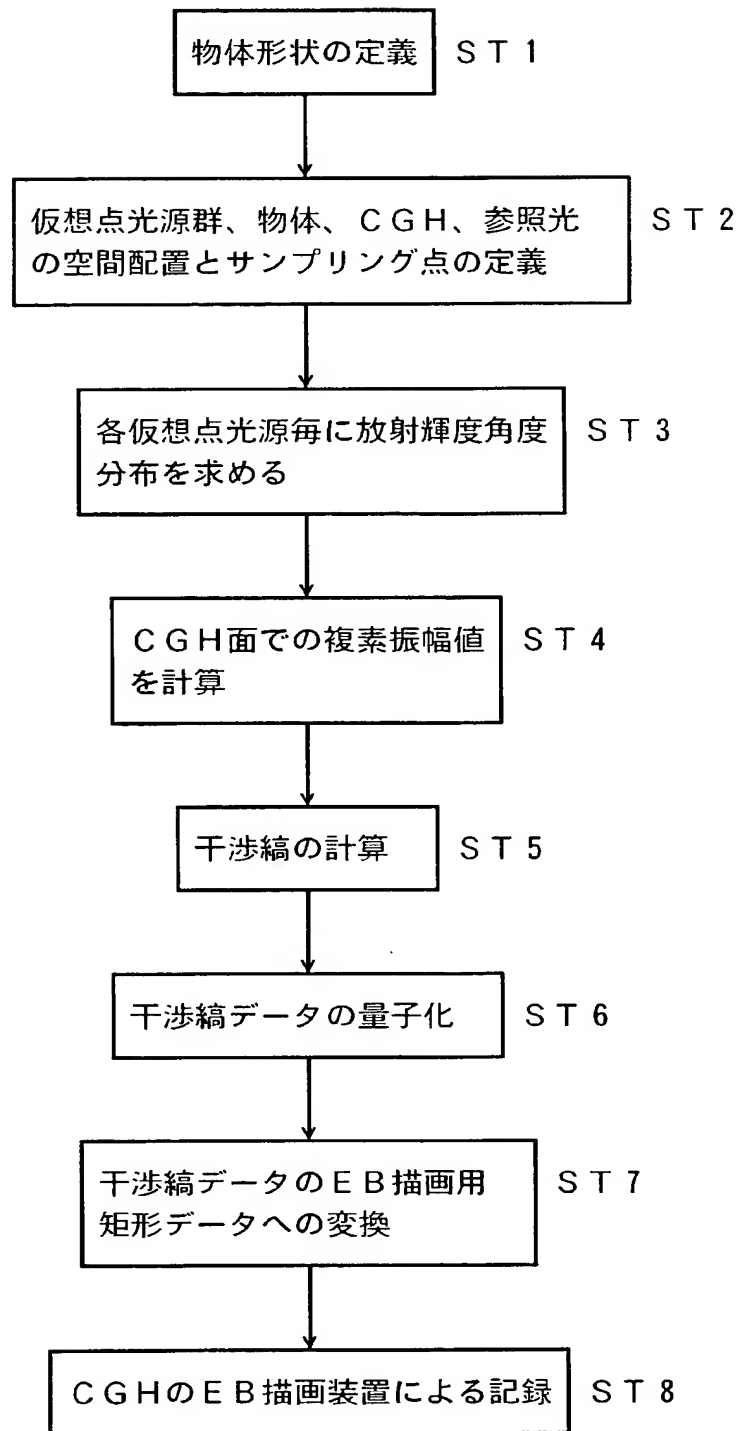
【図 1】



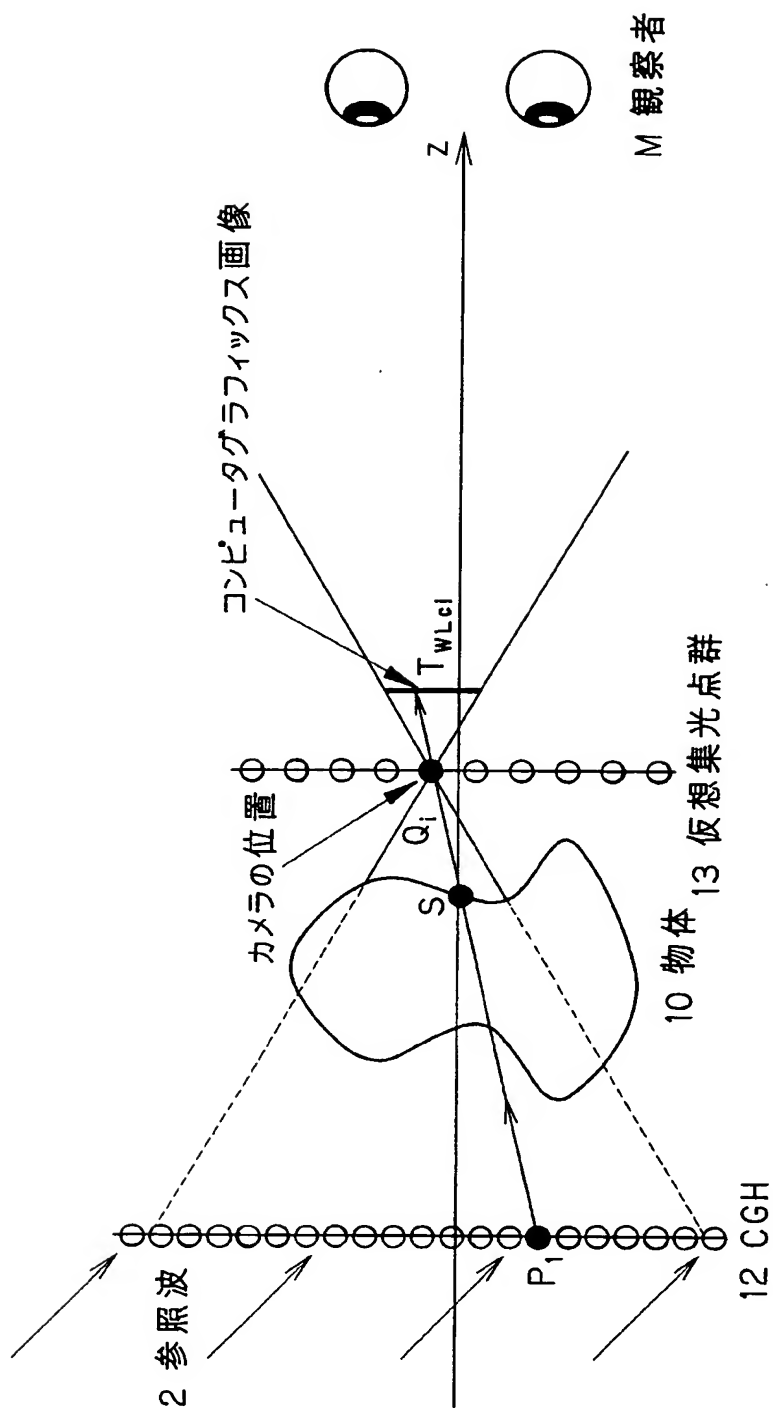
【図 2】



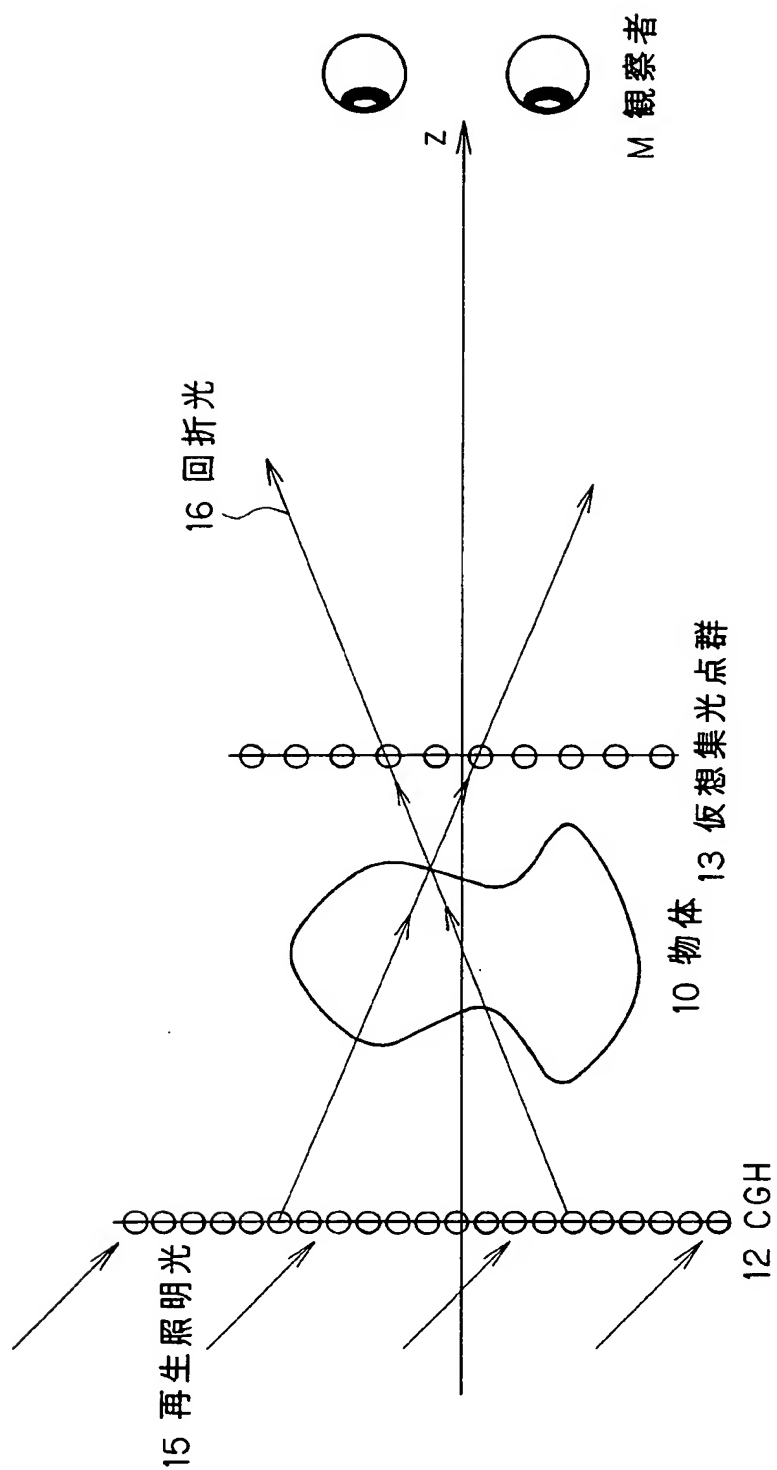
【図 3】



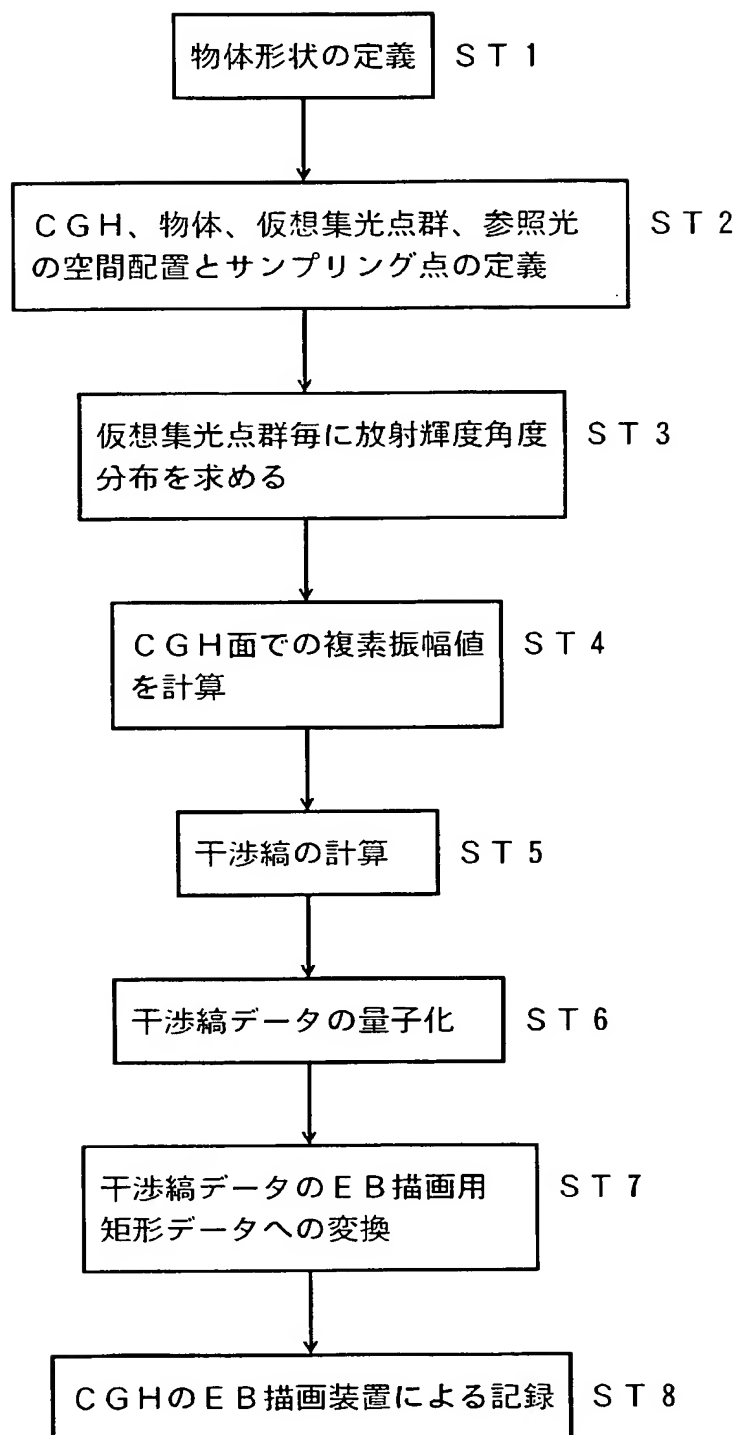
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 解像度が高く、視差数も多く、像の歪みの問題もなく、ホログラフィック撮影が不要であり、画像処理も簡単な 3 次元像再生用の計算機合成ホログラム。【解決手段】 物体光の複素振幅が記録され立体物が再生可能な計算機合成ホログラム 12 において、ホログラム 12 の観察側と反対側に空間的に仮想点光源群 11 が設定され、仮想点光源群 11 の各々の仮想点光源から観察側へ発散する発散光の放射輝度角度分布 $T_{WLCi}(\theta_{xz}, \theta_{yz})$ が、観察側から当該仮想点光源見たときの記録すべき物体 10 表面の輝度角度分布と等しいものに設定されており、かつ、仮想点光源各々から発散する発散光の初期位相が前記仮想点光源間で相互に無関係に一定に設定されてなる発散光が相互に重畳して、物体光 1 として仮想点光源群 11 の発散光入射側の何れかの位置で記録されてなる計算機合成ホログラム。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 3 4 0 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 8 9 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号

氏 名

大日本印刷株式会社